ENVASADO DE BARRERA AUTO RECICLABLE

REFERENCIA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud EP N.° 14382589.1, presentada el 31 de diciembre de 2014, la cual se incorpora en el presente por referencia en su totalidad.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a estructuras de capas múltiples y el reciclaje de las mismas.

ANTECEDENTES

Cada año, una cantidad considerable de películas de barrera de envasados flexibles se disponen mediante rellenos sanitarios o incineración, debido a la dificultad de dispersar polímeros de barrera funcionales típicos, tales como alcohol etileno vinilo (EVOH) o poliamida (PA) dentro de un flujo de deshechos de poliolefina (PO) más convencional para su posterior reciclaje.

Típicamente, los recicladores y convertidores de películas flexibles obtienen valor a partir de los residuos post industriales sometiendo el material a un proceso de compatibilidad, en donde al flujo de deshechos se le agrega un compatibilizador de reciclado para la posterior conversión

del material a pellets, permitiendo su reutilización. Sin embargo, cuando se recoge una estructura de película de barrera de post consumidor y se mezcla con un flujo de desechos PO convencional es muy difícil conocer cuándo utilizar tales compatibilizadores y las cantidades requeridas.

Una estructura de película toda de PO puede facilitar el reciclaje de los desechos utilizando solamente esta familia de materia prima en su estructura, por lo tanto evitando el paso del compatibilizador, sin embargo, cuando se requiere una barrera de gas, el paquete se verá comprometido. Por lo tanto, se desea una solución para permitir la incorporación de un material de barrera de gas en una estructura de película mientras que todavía permita reciclar sin la necesidad de un proceso secundario.

SÍNTESIS DE LA INVENCIÓN

La presente invención permite una compatibilización mejorada, cuando se compara con el agregado de un componente compatibilizador como una corriente separada en un proceso de reciclaje.

En una forma de realización amplia de la presente invención, se revela una estructura de capas múltiples que comprende, consiste en, o consiste esencialmente en: a) al menos una capa que comprende un componente de poliolefina que

comprende i) 60 a 94 por ciento en peso de un primer componente seleccionado de entre el grupo que consiste en homopolímero de etileno, copolímero de etileno, homopolímero de polipropileno, copolímero de polipropileno, y combinaciones de los mismos ii) 0 - 35 por ciento en peso de un componente polimérico funcional, y iii) 1 -35 por ciento en peso de un componente compatibilizador que comprende un interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico, que tiene una viscosidad de fusión (177° C) menor que, o igual a, 200.000 cP y una densidad entre 0,855 a 0,94 g/cc; b) al menos una capa de ligadura que comprende un polímero maleico anhidro injertado con un índice de fusión de menos de 50 dg/min, en donde la capa de ligadura no contiene el componente compatibilizador; y c) al menos una capa polar que comprende un polímero polar.

En otra forma de realización de la presente invención, se revela un método para hacer una estructura reciclada que comprende a) convertir la estructura de capas múltiples antes mencionada a escamas, b) opcionalmente, convertir las escamas a pellets, y c) formar la estructura reciclada a partir de las escamas o los pellets en donde el método no implica el uso del componente compatibilizador.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra una forma de realización de una

estructura de 3 capas

Las Figuras 2a y 2b muestran formas de realización de estructuras de 5 capas

Las Figuras 3a y 3b muestran formas de realización de estructuras de 7 capas

Las Figuras 4a, 4b y 4c muestran formas de realización de estructuras de 9 capas

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En una amplia forma de realización de la presente invención, se revela una estructura de capas múltiples que comprende: a) al menos una capa que comprende un componente de poliolefina que comprende i) 60 a 94 por ciento en peso de un primer componente seleccionado del grupo que consiste en homopolímero de etileno, copolímero de etileno, homopolímero de polipropileno, copolímero de polipropileno, y combinaciones de los mismos, ii) 0 - 35 por ciento en peso de un componente polimérico funcional, y iii) 1 -35 por ciento en peso de un componente compatibilizador que comprende un interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico, que tiene una viscosidad de fusión (177° C) menor que, o igual a, 200.000 cP y una densidad entre 0,855 a 0,94 g/cc; b) al menos una capa de ligadura que comprende un polímero maleico anhidro injertado con un índice de fusión de menos de 50 dg/min, en donde la capa de ligadura

no contiene el componente compatibilizador; y c) al menos una capa polar que comprende un polímero polar.

CAPA DE COMPONENTE DE POLIOLEFINA

La capa de poliolefina comprende un primer componente seleccionado del grupo que consiste en homopolímero de etileno (por ejemplo. DMDA-8007 NT 7 comercializado por la Dow Chemical Company), copolímero de etileno (por ejemplo. DOWLEX 2045 G comercializado por la Dow Chemical Company), homopolímero de polipropileno (por ejemplo H110-02N. comercializado por Braskem), copolímero de polipropileno (por ejemplo. DS6D81 comercializado por Braskem), y combinaciones de los mismos.

El primer componente se encuentra presente en la capa de poliolefina en el rango de 60 por ciento en peso a 94 por ciento en peso. Cualquiera y todos los rangos entre 60 y 94 por ciento en peso se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el primer componente puede estar presente en el rango de 65 a 90 por ciento en peso, 70 a 87 por ciento en peso, o 75 a 82 por ciento en peso.

El componente de poliolefina también puede contener un componente polimérico funcional. Los ejemplos de polímeros que se pueden utilizar incluyen, pero no están limitados a una poliolefina funcionalizada de anhídrido maleico (por ejemplo. AMPLIFY™ TY 1.353 comercializada por Dow Chemical

Company), copolímero de acrilato de etileno (por ejemplo. AMPLIFY™ EA 101 comercializada por Dow Chemical Company), etileno vinil acetato (por ejemplo. ELVAX 450 comercializado por DuPont), y mezclas de los mismos.

En una forma de realización, el componente de poliolefina comprende una mezcla de 5 a 30 por ciento en peso de un polímero sellador y 70 a 95 por ciento en peso de un homopolímero de etileno o un copolímero de etileno alfa-olefina.

El componente polimérico funcional puede estar presente en la capa de poliolefina en el rango de 0 a 35 por ciento en peso. Cualquiera y todos los rangos entre 0 y 35 por ciento en peso se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el componente polimérico funcional puede estar presente en el rango de 2 a 16 por ciento en peso, 4 a 12 por ciento en peso, o 6 a 11 por ciento en peso.

COMPATIBILIZADOR - INTERPOLÍMERO FUNCIONALIZADO DE ETILENO/ALFA-OLEFINA ANHIDRO Y/O DE ÁCIDO CARBOXÍLICO

El componente de poliolefina comprende además un componente compatibilizador que es un interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico.

El término "interpolímero", tal como se utiliza en el presente, se refiere a polímeros preparados por la

polimerización de al menos dos tipos diferentes de monómeros. El término genérico interpolímero de esta manera incluye copolímeros (empleado para referirse a polímeros preparados a partir de dos tipos diferentes de monómeros), y polímeros preparados a partir de más de dos tipos diferentes de monómeros.

El término, "interpolímero de etileno/α-olefina", tal como se utiliza en el presente, se refiere a un interpolímero que comprende, en forma polimerizada, una cantidad mayoritaria de monómero de etileno (en base al peso del interpolímero), y al menos una α-olefina.

El término "interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico", tal como se utiliza en el presente, se refiere a un interpolímero de etileno/alfa-olefina que comprende al menos un grupo anhídro y/o al menos un grupo ácido (por ejemplo, -COOH formado por la hidrólisis de un anhídro) unidos por un enlace covalente.

El compatibilizador se encuentra presente en la capa de poliolefina en el rango de 1 por ciento en peso a 35 por ciento en peso. Cualquiera y todos los rangos de 1 a 35 por ciento en peso se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el compatibilizador puede estar presente en la capa de poliolefina en el rango de 5 a 30 por

ciento en peso, de 10 a 25 por ciento en peso, o de 15 a 22 ciento en peso.

El polímero de base utilizado para formar el interpolímero funcionalizado de etileno/α-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico es un interpolímero de etileno/α-olefina. En diversas formas de realización, las alfa-olefinas son alfa (α)-olefinas C3-C20. Cualquiera y todos los rangos entre C3 y C20 se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, las α-olefinas son α -olefinas C3-C10. Ejemplos de α-olefinas que se pueden utilizar en la presente invención incluyen, pero no se limitan a propileno, 1-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-hepteno y 1-octeno, y más preferentemente incluyen propileno, 1- buteno, 1-hexeno y 1-octeno.

En una forma de realización, el interpolímero de etileno/α-olefina es un interpolímero lineal homogéneamente ramificado, y además un copolímero, o un interpolímero sustancialmente lineal ramificado homogéneo, y además un copolímero.

En una forma de realización, el interpolímero de etileno/α-olefina es un interpolímero lineal homogéneamente ramificado, y además un copolímero.

En una forma de realización, el interpolímero de etileno/α-olefina es un interpolímero sustancialmente lineal

homogéneamente ramificado.

Los términos "homogéneo" y "homogéneamente ramificado" se utilizan en referencia a un interpolímero de etileno/α-olefina, en donde el comonómero de α-olefina se distribuye aleatoriamente dentro de una molécula de polímero dada, y todas las moléculas de polímero tienen la misma o sustancialmente la misma proporción de comonómero a etileno.

Los interpolímeros de etileno lineales, homogéneamente ramificados son polímeros de etileno, que carecen de ramificaciones de cadenas largas, pero que presentan ramificaciones de cadenas cortas, derivadas del comonómero polimerizado dentro del interpolímero, y que están distribuidas de manera homogénea, tanto dentro de la misma cadena de polímero, y entre las diferentes cadenas de polímero . Estos interpolímeros de etileno/α-olefina tienen una cadena principal de polímero lineal, ninguna ramificación de cadena larga medible, y una distribución de peso molecular estrecha. Esta clase de polímeros se revela, por ejemplo, por Elston en la patente de los Estados Unidos N.° 3.645.992, y se han desarrollado procesos posteriores para producir tales polímeros, utilizando catalizadores de bis-metaloceno, tal como se muestra, por ejemplo, en el documento EP 0 129 368; el documento EP 0 260 999; la patente de los Estados Unidos N.° 4.701.432; la patente de los Estados Unidos N.°

4.937.301; la patente de los Estados Unidos N.° 4.935.397; la patente de los Estados Unidos N.° 5.055.438; y el documento WO 90/07526; cada una incorporada en este documento por referencia. Tal como se ha expuesto, los interpolímeros de etileno lineales, homogéneamente ramificados carecen de ramificaciones de cadena larga, tal como es el caso de los polímeros lineales de polietileno de baja densidad o de los polímeros lineales de polietileno de alta densidad. Los ejemplos comerciales de interpolímeros de etileno/α-olefina lineales homogéneamente ramificados incluyen polímeros TAFMER de Mitsui Chemical Company, y polímeros EXACT y EXCEED de ExxonMobil Chemical Company.

Los interpolímeros de etileno/α-olefina sustancialmente lineales homogéneamente ramificados se describen en las patentes de los Estados Unidos N.° 5.272.236; 5.278.272; 6.054.544; 6.335.410 y 6.723.810; cada una incorporada en este documento por referencia. Los interpolímeros de etileno lineales, homogéneamente ramificados presentan ramificaciones de cadena larga. Las ramificaciones de cadena larga tienen la misma distribución de comonómeros que la cadena principal del polímero, y pueden tener aproximadamente la misma longitud que la longitud de la cadena principal del polímero. "Sustancialmente lineal", típicamente es en referencia a un polímero que está sustituido, en promedio, con "0,01

ramificaciones de cadena larga por 1.000 carbonos" a "3 ramificaciones de cadena larga por 1.000 carbonos". La longitud de una ramificación de cadena larga es más larga que la longitud del carbono de una ramificación de cadena corta, formada a partir de la incorporación de un comonómero dentro de la cadena principal del polímero.

Algunos polímeros se pueden sustituir con 0,01 ramificaciones de cadena larga por cada 1.000 carbonos totales a 3 ramificaciones de cadena larga por 1.000 carbonos totales, además, de 0,01 ramificaciones de cadena larga por cada 1.000 carbonos totales a 2 ramificación de cadena larga por 1.000 carbonos totales, y además de 0,01 ramificaciones de cadena larga por 1.000 carbonos totales a 1 ramificación de cadena larga por 1.000 carbonos totales.

Los interpolímeros de etileno/α-olefina sustancialmente lineales forman una clase única de polímeros de etileno homogéneamente ramificados. Difieren sustancialmente de la clase bien conocida de interpolímeros de etileno/α-olefina lineales, homogéneamente ramificados, convencionales, tal como se expuso anteriormente, y, además, no están en la misma clase que los polímeros de etileno lineales heterogéneos convencionales "polimerizados por catalizador de Ziegler-Natta" (por ejemplo, polietileno de ultra baja densidad (ULDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o

polietileno de alta densidad (HDPE), hecho, por ejemplo, utilizando la técnica revelada por Anderson y otros en la patente de los Estados Unidos N.° US 4.076.698); ni están en la misma clase que polietilenos altamente ramificados, de alta presión, iniciados con radicales libres, tales como, por ejemplo, polietileno de baja densidad (LDPE), copolímeros de etileno-ácido acrílico (EAA) y copolímeros de etileno vinil acetato (EVA).

Los interpolímeros de etileno/α-olefina sustancialmente lineales, homogéneamente ramificados, útiles en la invención tienen una excelente procesabilidad, a pesar de que tienen una distribución de peso molecular relativamente estrecha. Sorprendentemente, la relación de flujo en fusión (I10/I2), de acuerdo con ASTM D 1238, de los interpolímeros de etileno sustancialmente lineales se puede variar ampliamente, y esencialmente independientemente de la distribución del peso molecular (Mw/Mn o MWD). Este comportamiento sorprendente es contrario a los interpolímeros de etileno lineales homogéneamente ramificados convencionales, tales como los descritos, por ejemplo, por Elston en el documento US 3.645.992, y los interpolímeros de polietileno lineales "polimerizados por Ziegler-Natta" convencionales, heterogéneamente ramificados, tales como los descritos, por ejemplo, por Anderson y otros, en el documento US 4.076.698.

A diferencia de los interpolímeros de etileno sustancialmente lineales, los interpolímeros de etileno lineales (tanto homogénea o heterogéneamente ramificados) tienen propiedades reológicas, tales que, a medida que aumenta la distribución de peso molecular, el valor de I10/I2 también se incrementa.

Las ramificaciones de cadenas largas se pueden determinar mediante el uso de espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) 13C, y pueden cuantificarse usando el método de Randall (Rev. Macromol. Chem. Phys., C29 (2 y 3), 1989, p. 285-297), la revelación del cual se incorpora en el presente por referencia. Otros dos métodos son la Cromatografía de Permeación en Gel, conjuntamente con un detector de Dispersión de Luz Láser de Angulo Bajo (GPCLALLS, por sus siglas en idioma inglés), y la Cromatografía de Permeación en Gel, conjuntamente con un detector Viscosímetro Diferencial (GPC-DV, por sus siglas en idioma inglés). El uso de estas técnicas para la detección de ramificaciones de cadenas largas y las teorías subyacentes, han sido bien documentados en la literatura. Véase, por ejemplo, Zimm, B.H. y Stockmayer, W.H., J. Chem. Phys., 17, 1301 (1949), y Rudin, A., Métodos Modernos de Caracterización de Polímeros, John Wiley & Sons, Nueva York (1991) pp. 103-112.

Como contraste a "polímero de etileno sustancialmente lineal", "polímero de etileno lineal" significa que el

polímero carece de ramificaciones de cadenas largas medibles o demostrables, es decir, el polímero está sustituido con un promedio de menos de 0,01 ramificaciones de cadenas largas por 1.000 carbonos.

Un ejemplo de un copolímero de etileno/α-olefina es Plastómero de Poliolefina AFFINITY GA disponible de The Dow Chemical Company, y Polímeros de Alto Rendimiento ("*Performance Polymers*") LICOCENE de Clariant. Otros ejemplos de polímeros de etileno/α-olefina adecuados para la invención incluyen los polímeros de etileno de peso molecular ultra bajo que se describen en las patentes de los Estados Unidos N.° 6.335.410, 6.054.544 y 6,723,810, cada una totalmente incorporada en el presente por referencia.

Un ejemplo de un copolímero de etileno/α-olefina funcionalizado es RETAIN 3000 disponible de The Dow Chemical Company.

En diversas formas de realización, la funcionalidad del anhídro y/o del ácido carboxílico es mayor que, o igual a 0,5 por ciento en peso, en base al peso total del interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhídro y/o de ácido carboxílico. Cualquiera y todos los rangos mayor que, o igual a 0,5 por ciento en peso se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, la funcionalidad del anhidro y/o del ácido carboxílico puede ser mayor que, o

igual a 0,8 por ciento en peso, mayor que, o igual a 0,9 por ciento en peso, mayor que, o igual a 1,0 por ciento en peso, de 0,6 a 1.9 por ciento en peso, de 0.8 a 1,7 por ciento en peso, o 0,9 a 1,5 por ciento en peso en base al peso total del interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhídro y/o de ácido carboxílico.

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhídro y/o de ácido carboxílico se injerta a la poliolefina.

En diversas formas de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico tiene una viscosidad de fusión en el rango de 2.000 cP a 50.000 cP a 350° F (177° C). Cualquiera y todos los rangos entre 2.000 cP y 50.000 cP se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, la viscosidad de fusión puede estar en el rango de 3.000 cP a 40.000 cP, desde 4.000 cP a 30.000 cP, o desde 5.000 cP a, 20.000 cP, a 350° F (177° C).

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico tiene una densidad de 0,855 g/cm^3 a 0,940 g/cm^3. Cualquiera y todos los rangos de 0,855 g/cm^3 a 0,940 g/cm^3 se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-

olefina anhidro y/o de ácido carboxílico puede tener una densidad de 0,860 g/cm^3 a 0,900 g/cm^3, de 0.860 gm/cm^3 a 0,895 g/cm^3, de 0,865 g/cm^3 a 0,890 g/cm^3, o de 0,865 g/cm^3 a 0,880 g/cm^3.

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico tiene una distribución de peso molecular (MWD) (Mw/Mn) desde 1.1 a 5.0. Cualquiera y todos los rangos desde 1.1 a 5.0 se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico puede tener una MWD de 1,3 a 4.0, 1.5 a 2.8, o 2.0 a 2,5, o desde 2,0 a 3,0.

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico tiene un peso molecular promedio en peso (Mw) en el rango de 2,000 g/mol a 50.000 g/mol. Cualquiera y todos los rangos de 2.000 g/mol a 50.000 g/mol se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico puede tener un Mw en el rango de 3,000 g/mol a 40.000 g/mol, o de 4,000 g/mol a 30.000 g/mol.

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido

carboxílico tiene un índice de fusión (I2), o un índice de fusión calculado (I2) (2,16 kg, 190° C), en el rango de desde 300 g/10 min a 1.500 g/10 min. Cualquiera y todos los rangos entre 300 g/10 min y 1.500 g/10 min se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico puede tener un índice de fusión (I2), o un índice de fusión calculado (I2) en el rango de 400 g/10 min a 1.200 g/10 min, o desde 500 g/10 min a 1.000 g/10 min.

En una forma de realización, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico tiene un por ciento de cristalinidad, tal como se determina por DSC, en el rango de 2 por ciento a 40 por ciento. Cualquiera y todos los rangos de 2% a 40% se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, el interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina anhidro y/o de ácido carboxílico puede tener un por ciento de cristalinidad en el rango de desde 5% a 30%, desde 10% a 25%, o desde 15% a 20%.

CAPA DE LIGADURA

POLÍMERO MALEICO ANHIDRO INJERTADO

La capa de ligadura comprende un polímero con una funcionalidad injertada de anhídrido maleico (MAH). En una

forma de realización adicional, el nivel de injerto de MAH-es de 0,05 a 1.20 por ciento en peso, en base al peso del polímero injertado con MAH. En una forma de realización adicional, el nivel de injerto de MAH-es de 0.07 a 1,00 por ciento en peso, en base al peso del polímero injertado con MAH. En una forma de realización adicional, el nivel de injerto de MAH es 0,10 hasta 0,60 por ciento en peso, en base al peso del polímero injertado con MAH.

En una forma de realización, la capa de ligadura es un polímero a base de etileno injertado con MAH. En una forma de realización adicional, el polímero a base de etileno injertado con MAH tiene un índice de fusión (I2) de 0,5 a 10 g/10 min, o de 1 a 6 g/10 min.

En una forma de realización, el polímero funcionalizado a base de etileno injertado con MAH comprende al menos un grupo funcional seleccionado entre los siguientes:

$$\begin{array}{l} -\underset{\displaystyle COOR}{\underset{|}{C}}R'- \end{array}$$

, anhidro, y combinaciones de los mismos; y en donde R es hidrógeno o alquilo, R' es hidrógeno o alquilo. En una forma de realización adicional, cada grupo alquilo es, independientemente, metilo, etilo, propilo o butilo. En una forma de realización, el polímero funcionalizado en base a etileno se selecciona entre un homopolímero funcionalizado de etileno o un interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-

olefina. En una forma de realización adicional, el polímero funcionalizado a base de etileno es un homopolímero funcionalizado de etileno. En otra forma de realización, el polímero funcionalizado en base a etileno es un interpolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina, y además un copolímero funcionalizado de etileno/alfa-olefina. Las α-olefinas preferidas incluyen α-olefinas C3-C8, y además propileno, 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno.

El agregado de bajos niveles de polímero injertado con anhídrido maleico dentro de la capa de ligadura se conoce en la técnica. El agregado de un nivel suficiente de polímero injertado con anhídrido maleico a la capa de ligadura para permitir la compatibilización puede disminuir las propiedades de adherencia de la capa de ligadura.

CAPA POLAR

La estructura de capas múltiples comprende también una capa polar, o una capa de barrera que comprende un polímero polar.

El término "polímero polar", tal como se utiliza en el presente, se refiere a un polímero formado a partir de al menos un monómero que comprende al menos un heteroátomo. Algunos ejemplos de heteroátomos incluyen O, N, P y S.

En diversas formas de realización, el polímero polar tiene un índice de fusión (I2) (2,16 kg, 190° C) de 0,1 a 40

g/10 min, además de 0,2 a 20 g/10 min, y además de 0,5 a 10 g/10 min.

En diversas formas de realización, el polímero polar tiene una densidad de 1.00 a 1.30 g/cc, además de 1,10 a 1,20 g/cc (1 cc = 1 cm^3).

En diversas formas de realización, el polímero polar se selecciona de un polímero de etileno alcohol vinílico (EVOH, por sus siglas en idioma inglés) (tal como Eval H171B comercializado por Kuraray) o poliamida (PA) (tal como Nylon 6, Nylon 66, y Nylon 6/66 comercializada por DuPont) y combinaciones de los mismos.

En diversas formas de realización, al menos una capa polar comprende al menos una capa de EVOH.

En diversas formas de realización, al menos una capa polar comprende al menos una capa que comprende un nylon seleccionado del grupo que consiste en nylon 6, nylon 66, nylon 6/66 y combinaciones de los mismos.

En diversas formas de realización, la capa polar comprende al menos una capa de al menos uno de los compuestos de nylon mencionados anteriormente y al menos una capa de EVOH.

En diversas formas de realización, la capa polar puede comprender además hasta 15 por ciento en peso del compatibilizador descrito anteriormente. Cualquiera y todos

los rangos de hasta 15 por ciento en peso se incluyen en el presente y se revelan en el presente, por ejemplo, la capa polar puede comprender 0,25 por ciento en peso, 0,5 por ciento en peso, 1 por ciento en peso, 5 por ciento en peso, 6 por ciento en peso, 8 por ciento en peso, o 10 por ciento en peso del componente compatibilizador.

Para aquellas personas con experiencia en la técnica se sabe que la incorporación de un componente compatibilizador de reciclaje se podría agregar a cualquiera de las capas de la estructura de capas múltiples. Sorprendentemente, se requiere el agregado a capas específicas para lograr el rendimiento objetivo de la película. El agregado de bajos niveles de polímero injertado con anhídrido maleico dentro de la capa de polímero polar se conoce en la técnica. El agregado de un nivel suficiente de polímero injertado con anhídrido maleico a la capa de polímero polar para permitir la compatibilización puede disminuir las propiedades del polímero polar.

Las figuras muestran varias formas de realización de la presente invención. La Figura 1 muestra una estructura de tres capas, con una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente de compatibilizador, una capa de ligadura, y una capa polar que comprende EVOH o PA.

Las Figuras 2a y 2b cada una muestran estructuras de 5

capas. En la Figura 2a, hay una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, una capa de ligadura, una capa polar que comprende EVOH o PA, una segunda capa de ligadura, y una segunda capa de poliolefina que comprende EVOH o PA. La Figura 2b muestra una estructura de 5 capas con una capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de ligadura, una capa polar que comprende EVOH o PA, una segunda capa de ligadura, y una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador.

Las Figuras 3a y 3b muestran estructuras de 7 capas. En la Figura 3a, hay una capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, una capa de ligadura, una capa polar que comprende EVOH o PA, otra capa de ligadura, una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, y una capa de poliolefina que comprende un polietileno. La Figura 3b muestra una estructura de 7 capas con una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un compatibilizador, una capa de ligadura, una capa polar que comprende PA, una capa polar que comprende EVOH, otra capa polar que comprende PA, otra capa de ligadura, y otra capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador.

Las Figuras 4a, 4b y 4c muestran formas de realización de estructuras de 9 capas. En la Figura 4a, hay una capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, una capa de ligadura, una capa polar que comprende PA, una capa polar que comprende EVOH, una segunda capa polar que comprende PA, una segunda capa de ligadura, una segunda capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, y una segunda capa de poliolefina que comprende un polietileno. La Figura 4b muestra una estructura de 9 capas con una capa de poliolefina que comprende un polietileno, una segunda capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, una capa de ligadura, una capa polar que comprende EVOH o PA, una segunda capa de ligadura, una segunda capa de poliolefina que comprende polietileno y un componente compatibilizador, una tercera capa de poliolefina que comprende un polietileno, y una cuarta capa de poliolefina que comprende un polietileno. La Figura 4c muestra una estructura de nueve capas con una capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, una segunda capa de poliolefina que comprende un polietileno, una capa de

ligadura, una capa polar que comprende EVOH o PA, una segunda capa de ligadura, una tercera capa de poliolefina que comprende un polietileno, una segunda capa de poliolefina que comprende un polietileno y un componente compatibilizador, y una cuarta capa de poliolefina que comprende un polietileno.

Las estructuras de capas múltiples se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones, incluyendo, pero no limitadas a aplicaciones de películas tales como películas flexibles, películas semi-flexibles, películas rígidas y películas semi-rígidas. Las películas se pueden preparar por cualquier método conocido por aquellas personas con experiencia en la técnica. Las estructuras de capas múltiples o películas auto reciclable reveladas en el presente se pueden convertir en películas, láminas, o estructuras rígidas.

MÉTODO DE RECICLADO

En diversas formas de realización, esta invención revela un método para fabricar una estructura reciclada que comprende a) convertir la estructura de capas múltiples de cualquier forma de realización anterior en escamas, b) opcionalmente convertir las escamas en pellets, y c) formar la estructura reciclada a partir de las escamas o los pellets en donde el método no implica el agregado de un componente compatibilizador durante esta operación unitaria.

En otra forma de realización, esta invención revela un método para fabricar una estructura reciclada que comprende a) transferir continuamente el recorte de bordes a partir de un proceso de película soplada o colada directamente de nuevo dentro de la corriente de alimentación, b) opcionalmente, combinar el recorte con otros polímeros para formar una capa en una estructura de capas múltiples.

La estructura reciclada se puede formar a partir de las escamas y/o pellets sometiéndose a cualquier proceso útil conocido por aquellas personas con experiencia en la técnica. Estos procesos incluyen, pero no se limitan a un proceso de extrusión, un proceso de película soplada, un proceso de colado de película, y combinaciones de los mismos.

EJEMPLOS

Materiales

Los materiales se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1. Materiales utilizados en los Ejemplos

Material	Densidad (g/cm^3)	Índice de Fusión (g 10/min)	Comentarios
RETAIN 3000	0,87	660	Compatibilizador de Reciclado (RC). Plastómero de etileno-octeno injertado con anhídrido maleico (MAH)
Dowlex 5056G	0,919	1,1	LLDPE
AMPLIFY™ TY 1353	0,921	2,0	Polímero injertado con (MAH)
EVAL F171B	1,19	1,6	Copolímero de Etileno Vinilo Alcohol. Contenido de etileno 32 % mol

EJEMPLOS 1-3 Y EJEMPLOS COMPARATIVOS A-C

PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y PROCESO DE RECICLADO

Una muestra de control de una película de capas múltiples que contenía EVOH, capas de ligadura, y capas exteriores de poliolefina se compara con una estructura de capas múltiples auto-reciclable que contenía EVOH, capas de

ligadura, y una capa exterior de poliolefina que era una mezcla de poliolefina y el compatibilizador de reciclado, Tabla 2. Ambas películas son estructuras de 5 capas A/B/C/B/A con un espesor total de 100 micrones, distribuidas como capas de 42.5/5/5/5/42,5 micrones. Estas estructuras fueron producidas en una línea Collin de co-extrusión de película soplada. Estas muestras se designaron como las "estructuras de película originales", dado que posteriormente serían sometidas a un proceso de reciclado y corresponden a la estructura representada en la Figura 2a. La Tabla 2 muestra las estructuras diseñadas.

Tabla 2. Estructuras Diseñadas de Película Original

Estructuras	**Capa**	**Ejemplo Comparativo A**	**Ejemplo de la Invención 1**
A/B/C/B/A 100 µ 42.5 /5 / 5 / 5 / 42.5 µ (42.5 / 5 / 5 / 5 / 42.5 %)	A	Dowlex 5056G	94% Dowlex 5056G + 6% RETAIN 3000
	B	Amplify TY 1353	Amplify TY 1353
	C	EVAL F171B	EVAL F171B

La relación de EVAL F171B : RETENER 3000 para este estudio fue de 1:1, lo que significa que la cantidad de EVOH dentro de estas estructuras fue del 5%, mientras que la

cantidad de compatibilizador integrado dentro de la estructura auto-reciclable fue del 5%, la cual se dividió en partes iguales entre las dos capas exteriores.

Las estructuras de películas originales se molieron en una máquina de moler Mateu & Sole, una máquina compuesta de cuchillas rotativas diseñadas para reducir la película alimentada a escamas de aproximadamente 0,5 x 0,5 cm, cortando y comprimiendo la película contra el tambor.

Una vez que las películas se convirtieron en escamas, las mismas se procesaron a continuación en un mezclador amasador Buss a fin de convertir las escamas en pellets.

Se produjeron estructuras de película monocapa y de 3 capas en una línea Collin de co-extrusión de película soplada utilizando un BUR de 2,5 y una abertura de boquilla de 1,8 mm. Antes del proceso de extrusión, los pellets se secaron durante la noche en un horno de laboratorio a 100° C para eliminar la humedad remanente.

Las películas producidas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Películas Recicladas Monocapa y de 3 Capas

Películas Monocapa 50 µ		**Películas de 3 Capas (A/B/A) 50 µ (15/20/15 µ)**	
Ejemplo Comparativo B	**Ejemplo de la Invención 2**	**Ejemplo Comparativo C**	**Ejemplo de la Invención 3**
Ejemplo Comparativo A 100% reciclado	Ejemplo de la Invención 1 100% reciclado	Capa A = Dowlex 5056 Capa B = Ejemplo Comparativo A reciclado	Capa A = Dowlex 5056 Capa B = Ejemplo de la Invención 1 reciclado

Las condiciones de extrusión para estas muestras se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones de Extrusión de línea Collin de co-extrusión de película soplada

	Unidades	Ej. Comp A	Ej. de la Inv 1	Ej. Comp B	Ej. de la Inv 2	Ej. Comp C	Ej. de la Inv 3
Amps - Ext. A	A	4	2,7	8	8,3	3,3	3,4
Amps - Ext. B	A	2,2	2,4	-	-	5,2	6,3
Amps - Ext. C	A	1	0,9	-	-	3,3	3,1
Amps - Ext. D	A	3,7	3,1	-	-	-	-
Porcentaje de Capa -	%	42	42	100	100	30	30

Ext. A							
Porcentaje de Capa - Ext. B	%	10	10	-	-	40	40
Porcentaje de Capa - Ext. C	%	5	5	-	-	30	30
Porcentaje de Capa - Ext. D	%	42	42	-	-	-	-
Presión de Fusión - Ext. A	bar	213	179	278	273	203	208
Presión de Fusión - Ext. B	bar	48	44	-	-	184	214
Presión de Fusión - Ext. C	bar	52	46	-	-	162	165
Presión de Fusión - Ext. D	bar	173	155	-	-	-	-
Temperatura de Fusión - Ext. A	°C	248	248	221	223	235	234
Temperatura de Fusión - Ext. B	°C	235	235	-	-	221	203
Temperatura de Fusión - Ext. C	°C	225	226	-	-	228	228
Temperatura de Fusión - Ext. D	°C	242	241	-	-	-	-
RPM - Ext. A	rpm	90	90	85	85	68	65

RPM - Ext. B	rpm	12	12	-	-	45	45
RPM - Ext. C	rpm	6	5	-	-	68	65
RPM - Ext. D	rpm	92	92	-	-	-	-
Velocidad de Salida	m/min	3,4	3,3	5,2	5,2	6,8	6,8
Salida Total	kg/h	10	10	8	8	10	10

La Tabla 5 muestra las condiciones de operación para el mezclador Buss.

Tabla 5. Condiciones de funcionamiento para amasadora mezcladora Buss

	Unidades	**Pellets derivados del Ej. Comp A**	**Pellets derivados del Ej. de la Inv 1**
Corriente del Motor del Amasador	A	13	13
Velocidad del Amasador	Rpm	120	120
Corriente del Motor	A	3	3
Velocidad de Salida	Kg/h	4	4
Velocidad del Tornillo	Rpm	45	30
Termocupla K1	°C	75	75
Termocupla K2	°C	150	150
Termocupla K3	°C	170	170

	Unidades	Pellets derivados del Ej. Comp A	Pellets derivados del Ej. de la Inv 1
Termocupla K5	°C	130	130
Termocupla K4	°C	135	135

Las propiedades mecánicas y ópticas de las estructuras monocapa recicladas se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades de las películas monocapa reciclado

Ensayo	Ejemplo Comparativo B	Ejemplo de la Invención 2
Impacto de Caída de Dardo (g)	342	305
Desgarre de Elmendorf CD (g)	1.060	1.320
Desgarre de Elmendorf MD (g)	893	1.050
Brillo 45° (Brillo)	30,4	64,5
Bruma ("*Haze*") (%)	30,9	13,1

Se comparan las propiedades físicas para el Ejemplo B y el Ejemplo de la Invención 2. Se mejoran las propiedades de desgarre CD y MD. Las propiedades ópticas medidas, Brillo y Bruma, se mejoran significativamente en el Ejemplo de la Invención 2 sin la inclusión de un paso de operación distinto de la unidad en donde se agrega el compatibilizador de reciclado.

La Tabla 7 muestra las propiedades mecánicas y ópticas de las estructuras de películas de 3 capas con materiales reciclados en la capa central.

Tabla 7. Propiedades de películas de 3 capas con material reciclado en la capa central

Ensayo	**Comparativo Ejemplo C A/B/A** A = Dowlex 5056 B = Ejemplo Comparativo Reciclado A	**Ejemplo de la invención 3 A/B/A** A = Dowlex 5056 B = Ejemplo de la invención Reciclado 1
Impacto de Caída de Dardo (g)	377	319
Desgarre de Elmendorf CD (g)	1.160	1.210
Desgarre de Elmendorf MD (g)	984	1.020
Brillo 45° (Brillo)	78.4	76.9
Bruma (%)	7.9	7.2

Cuando se compara la estructura de 3 capas con la muestra de control reciclado (Ejemplo Comparativo A) y la estructura de 3 capas con el Ejemplo de la Invención 1 en la

capa central, se puede observar una mejora en las propiedades mecánicas.

Otros métodos de ensayo utilizados en estos ejemplos se enumeran en la Tabla 8.

Tabla 8. Ensayos de Propiedades Mecánicas

Ensayo	**Método**
Impacto de Caída de Dardo	ASTM D 1709
Desgarre de Elmendorf	ASTM D 1922
Brillo 45°	ASTM D2457
Bruma	ASTM D1003
Densidad	ASTM 792-08
Indice de Fusión	ISO 1133

EJEMPLOS 4-7 Y EJEMPLOS COMPARATIVOS D-E

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS Y PROCESO DE RECICLADO

Una muestra de película de control de capas múltiples que contenía EVOH, capas de ligadura y capas exteriores de poliolefina se compara con dos estructuras de capas múltiples, auto reciclables, que contenían EVOH, capas de ligadura y capas exteriores compuestas de poliolefina y una mezcla de poliolefina y el compatibilizador de reciclado, como se observa en la Tabla 9.

Todas las películas son estructuras de 7 capas A/B/C/D/C/B/A con espesor total de 100 micrones distribuidos como capas de 20/22,5/5/5/5/22,5/20 micrones. Estas estructuras fueron producidas en una línea Alpine de co-extrusión de película soplada. Estas estructuras se designaron como las "estructuras de película originales", dado que posteriormente serían sometidas a un proceso de reciclado.

Tabla 9. Estructuras de Película Originales

Estructuras	**Capa**	**Ensayo Comparativo D**	**Ejemplo de la Invención 4**	**Ejemplo de la Invención 5**
A/B/C/D/C/B/A 100 µ 20 /22,5 / 5 / 5 / 5 / 22.5 /20 µ (20 /22,5 / 5 / 5 / 5 / 22.5 /20 %)	A	Dowlex 2056G	94% Dowlex 2056 + 6% RETAIN 3000	Dowlex 2056G
	B	Dowlex 2056G	94% Dowlex 2056 + 6% RETAIN 3000	89% Dowlex 2056 + 11% RETAIN 3000
	C	Amplify TY 1353	Amplify TY 1353	Amplify TY 1353
	D	EVAL F171B	EVAL F171B	EVAL F171B

La relación de EVAL F171B : Conservar 3000 fue de 1:1 en ambos de los ejemplos de la invención, lo que significa que la cantidad de EVOH dentro de estas estructuras fue del 5%,

mientras que la cantidad de compatibilizador incorporado dentro de las estructuras reciclables ere del 5%. En el primer ejemplo, el compatibilizador se dividió en partes iguales entre las dos capas B y en el segundo ejemplo se dividió en partes iguales entre las cuatro capas exteriores (A y B).

Las estructuras de película originales se molieron para producir escamas de película y luego se procesaron en un mezclador amasador Buss a fin de convertir las escamas en pellets.

Los pellets producidos se secaron durante la noche en un horno a 100° C para eliminar cualquier humedad remanente y luego se produjeron películas Monocapa en una línea de película soplada Collin. Las películas producidas se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Reciclado películas monocapa

Películas Monocapa Recicladas 50 µ		
Ejemplo Comparativo E	Ejemplo de la Invención 6	Ejemplo de la Invención 7
Ejemplo Comparativo D 100% reciclado	Ejemplo de la Invención 4 100% reciclado	Ejemplo de la Invención 5 100% reciclado

Los datos de recuento del gel (el gel se considera como una imperfección en las películas) de las estructuras monocapa recicladas se midió utilizando el método Dow DOWM 101898-I12H y se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Datos de recuento del gel

Tamaño del gel (µ)	**Ejemplo Comparativo E (Gel/m^2)**	**Ejemplo de la Invención 6 (Gel/m^2)**	**Ejemplo de la Invención 7 (Gel/m^2)**
64	763,67	34,98	237,90
100	422,32	34,98	119,95
200	515,78	50,48	156,43
300	139,44	20,49	50,98
400	41,48	15,49	19,99
500	13,99	5,00	10,00
800	8,5	4,50	6,00
1000	1,00	0	1,50
1200	0	0	0
1200	0	0	0
Total	**1906,18**	**165,92**	**602,75**

Se compararon los datos del gel para el Ejemplo Comparativo E y para los Ejemplos de la Invención 6 y 7. El nivel del gel en las películas recicladas se redujo significativamente, y por lo tanto, incrementando la calidad

de las películas recicladas sin la inclusión de un paso de operación distinto de la unidad en donde se agregó el compatibilizador de reciclado.